Aus der medizinischen Klinik der Universität Erlangen
(Direktor: Prof. Dr. med. N. Henning)

Untersuchungen über den Aufbaueffekt

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE

der

HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT

der

FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT

ERLANGEN

vorgelegt von

Laurette Neumann
Nürnberg

1964

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41538102_0048

Aus der medizinischen Klinik der Universität Erlangen
(Direktor: Prof. Dr. med. N. Henning)

Untersuchungen über den Aufbaueffekt

INAUGURAL-DISSERTATION
zur
ERLANGUNG DER DOKTORWÜRDE
der
HOHEN MEDIZINISCHEN FAKULTÄT
der
FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT
ERLANGEN

vorgelegt von

Laurette Neumann
Nürnberg

UNIVERSITEITSBIBLIOTHEEK - LEIDEN

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen
Fakultät der Universität Erlangen

Dekan: Professor Dr. W. Keidel
Referent: Professor Dr. F. Wachsmann

Tag der mündlichen Prüfung
14. September 1964

Inhalt

1. **Einleitung**

1.1. Physikalische Erklärung des Zustandekommens des Aufbaueffektes 7

1.2. Physikalische Erklärung der Abhängigkeit der Oberflächendosis von Feldgröße und Quellenabstand 10

1.3. Klinische Bedeutung des Aufbaueffektes 11

1.4. Aufgabestellung 11

2. **Eigene Versuche**

2.1. Benutzte Strahlenquellen 11

2.2. Meßgeräte 12

2.3. Messungen 13

2.3.1. Versuchsanordnung 13

2.3.2. Ergebnisse der Messungen 13

2.3.2.1. Aufbaueffekt bei einer 17 MeV-Bremsstrahlung 13

2.3.2.2. Aufbaueffekt bei Co-60 15

2.3.2.3. Aufbaueffekt bei 300 kV-Strahlungen 17

2.3.2.4. Ergebnisse über die Zweckmäßigkeit des Plexiglasfilters am Siemens-Gammatron 1 19

3. **Folgerungen für die Praxis** 19

4. **Zusammenfassung** 20

5. **Literaturverzeichnis** 21

6. **Lebenslauf**

1. Einleitung

1.1. Physikalische Erklärung des Zustandekommens des Aufbaueffektes

Unter Aufbaueffekt versteht man die besonders bei ultraharten Strahlen ausgeprägt auftretende Erscheinung, die darin besteht, daß die Dosis von der Oberfläche bis zu einer bestimmten Tiefe ansteigt, um erst nach Erreichen der Maximumsdosis den Gesetzen der Strahlenschwächung entsprechend abzufallen (Wachsmann 1,2).

Das Ausmaß des Aufbaueffektes, d. h. das Verhältnis von Oberflächendosis zu Tiefendosis und vor allem die Tiefenlage des Dosismaximums sind in starkem Maße von der Energie der verwendeten Strahlen abhängig.

Interessant ist, daß der Aufbaueffekt nicht nur bei ultraharten Strahlen, sondern – wenn auch in schwächerem Maße – auch bei konventionellen Strahlungen auftritt (Moos 3). Da bei diesen Strahlungen das Dosismaximum jedoch bereits in wenigen μ Tiefe auftritt, besitzt der Aufbaueffekt hier für die Hautschonung keine Bedeutung.

Das Zustandekommen des Aufbaueffektes kann man sich physikalisch so erklären, daß die die Strahlendosis letztenendes bestimmenden, durch Quantenstrahlung im Gewebe ausgelösten Elektronen mit wachsender Energie immer größere Reichweite besitzen und immer mehr bevorzugt mit der Richtung der einfallenden Quanten zusammenfallen (Abb. 1).

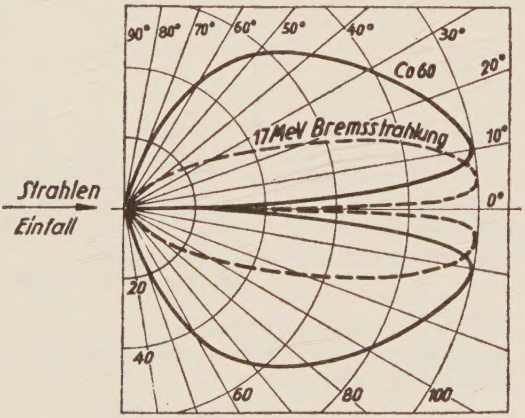

Abb. 1 Häufigkeit der Streuwinkel von Comptonelektronen der Gammastrahlung von Co-60 (Energie 1.17 und 1.33 MeV) und einer Bremsstrahlung von 17 MeV (angenommene mittlere Energie 8,5 MeV).

Von der Oberfläche nach der Tiefe entsteht also gleichsam eine „Elektronenlawine", die ein Ansteigen der Dosis in derselben Richtung zur Folge hat. Das Dosismaximum wird dabei erst dort erreicht, wo ein Elektronengleichgewicht zustande kommt.
In welcher Tiefe dieses Maximum bei verschiedenen Strahlenarten liegt, ist in Abb. 2 dargestellt.
Daß die Dosis von der Oberfläche nach der Tiefe nicht vom Wert Null an anzusteigen beginnt, liegt daran, daß aus der die Strahlung erzeugenden Apparatur und ihrem Blendensystem sowie aus der zwischen Strahlenquelle und Haut liegenden Luftsäule ebenfalls Elektronen ausgelöst werden die die Oberfläche treffen. Nur bei Einstrahlung auf den Körper mit sehr kleinem Feld und sehr großem Abstand von der Strahlenquelle müßte – abgesehen von der Rückstreuung – die Oberflächendosis gleich Null sein.
Hierzu kommt noch die Rückstreuung von der Tiefe, die bei ultraharten Strahlungen allerdings sehr klein ist (vgl. z. B. Wachsmann und Dimotsis 5).

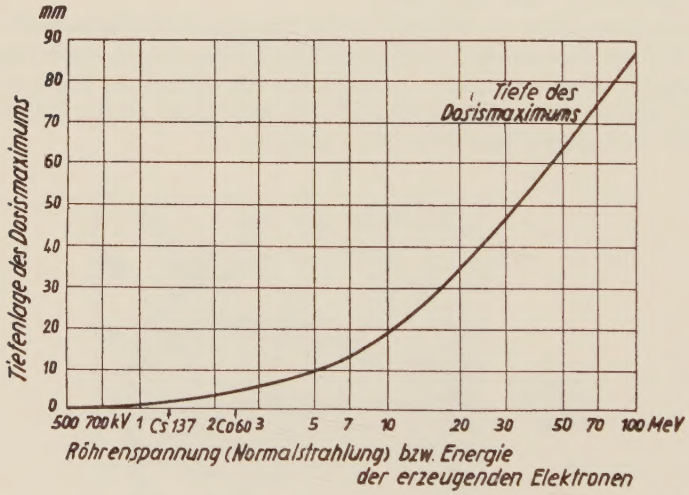

Abb. 2 Tiefenlage des Dosismaximums in Wasser oder wasseräquivalentem Gewebe bei verschiedenen Strahlungen nach Wachsmann (4).

Erfahrungsgemäß ist aber die Größe des Aufbaueffektes (Oberflächendosis/Tiefendosis) auch von äußeren Umständen wie z. B. der benutzten Apparatur, dem Quellen-Haut-Abstand, der Feldgröße usw. abhängig. Hierüber haben z. B. Richardson und Mitarbeiter (6) – s. Abb. 3 – sowie Dahl und Vikterlöf (7)

berichtet (Abb. 4). Als Erklärung wurde hierfür ausschließlich der Einfluß der Tubusse bzw. der Blenden angenommen. Dieser Einfluß spielt bei kleinen Abständen von der Blende bzw. dem Tubus sicher eine große Rolle. Die Sekundärelektronen können z. B. wenn das Feld dicht am Tubus anliegt, den günstigsten Effekt der ultraharten Strahlung bezüglich geringer Oberflächendosis ganz unterdrücken und sogar die Oberflächendosis über die Maximaldosis ansteigen lassen (s. Abb. 3, Abstand 0).

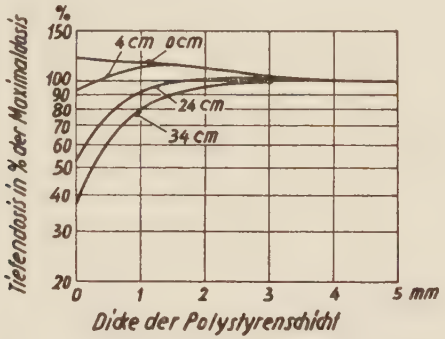

Abb. 3 *Tiefendosis einer Co-60-Strahlung nach Messungen von Richardson und Mitarbeitern (6) bei verschiedenen Abständen Blende — Oberfläche; Feldgröße 10 x 10 cm (umgezeichnet auf 100 % im Dosismaximum).*

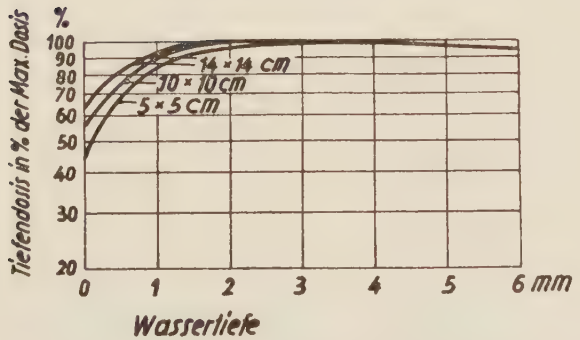

Abb. 4 *Tiefendosis einer Co-60-Strahlung bei verschiedenen Feldgrößen nach Messungen von Dahl und Vikterlöf (7); Abstand Quelle — Oberfläche konstant (umgezeichnet auf 100 % im Dosismaximum).*

Auch im Abstand von 4 cm von der Blende ist es nach Richardson und Mitarbeitern möglich, daß sich ein Aufbaueffekt in geringerer Entfernung von der Oberfläche ergibt, als es der maximalen Reichweite der Sekundärelektronen nach zu erwarten ist (s. Abb. 2). Diese Werte sind natürlich stark von der Blende bzw. der Bestrahlungsapparatur abhängig, so daß man sie nicht allgemein als Richtlinien für die Praxis heranziehen kann. Außerdem fehlt bei den meisten Untersuchungen über den Aufbaueffekt eine der beiden wesentlichen Größen: Entweder ist der Abstand von der Strahlenquelle angegeben und nicht die Feldgröße (s. Abb. 3), oder aber es ist die Feldgröße angegeben und nicht der Quellenabstand wie in Abb. 4.

1.2. Physikalische Erklärung der Abhängigkeit der Oberflächendosis von Feldgröße und Quellenabstand

Die Anzahl der auf die Flächeneinheit des Bestrahlungsfeldes einfallenden Elektronen ist u. a. auch von der Feldgröße und dem Quellen-Oberflächenabstand oder allgemein vom Öffnungswinkel des Bestrahlungsfeldes abhängig. Da die in der Apparatur und in der dem Bestrahlungsfeld vorgelagerten Luft erzeugten Elektronen nämlich in Winkeln gestreut werden, die von den geometrischen Bedingungen der Anordnung unabhängig sind, fällt ein umso größerer Anteil dieser Elektronen auf das Bestrahlungsfeld (vgl. Abb. 5), je größer der Öffnungswinkel des Strahlenkegels ist. Bei einem unendlich kleinen Feld ist die Einfalldosis angenähert gleich Null, und bei einem unendlich großen Feld, d. h. bei einem nicht ausgeblendeten Strahlenkegel, ist stets bereits von Anfang an etwa Elektronengleichgewicht vorhanden. Bei ungünstigen Anordnungen, d. h. bei Apparaturen, bei denen in von

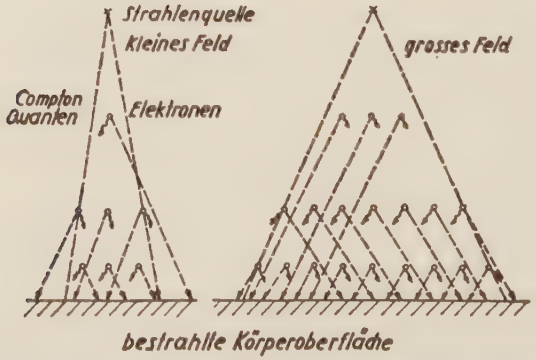

Abb. 5 Schematische Darstellung des Zustandekommens des Aufbaueffektes bei engen und bei weiten Strahlenkegeln.

Strahlung getroffenen Konstruktionsteilen mehr Elektronen ausgelöst werden als in einem entsprechenden Volumen des bestrahlten Körpers, kann die Oberflächendosis sogar höher sein als die Dosis innerhalb des Körpers im Maximum (s. Abb. 3).

1.3. **Klinische Bedeutung des Aufbaueffektes**

Der Aufbaueffekt ist zwar in der Literatur bereits oft beschrieben worden, systematische Messungen unter Berücksichtigung aller beeinflussenden Faktoren sind jedoch nicht durchgeführt worden.
Aufgabe vorliegender Arbeit ist es also, den Einfluß der geometrischen Bestrahlungsbedingungen auf die Oberflächendosis und den Aufbau der Dosis von der Oberfläche nach der Tiefe zu untersuchen. Blendeneinflüsse wurden dabei, soweit sie vorhanden waren, durch den Elektronenfilter nach Möglichkeit ausgeschaltet.

1.4. **Aufgabestellung**

Bei der Strahlentherapie tiefliegender Tumoren stellt die Toleranz der strahlenempfindlichen Haut oft eine Grenze für die verabreichbare Herddosis dar. Es gelingt zwar, durch Anwendung vieler konvergent auf den Herd ausgerichteter Felder nach der „Kreuzfeuermethode" oder der „Bewegungsbestrahlung" die Oberflächendosis auf ein großes Hautareal zu verteilen und damit die Hautbelastung auf ein tragbares Maß herabzusetzen. Auch kann das Verhältnis von Tiefendosis zu Oberflächendosis durch Anwendung ultraharter Strahlungen in gewissen Grenzen verbessert werden. Trotzdem sind die Hautreaktionen stets unerwünscht, abgesehen von der Tatsache, daß Patienten immer die Tendenz haben, Hautreaktionen als „Röntgenverbrennungen" zu bezeichnen.
Jede Möglichkeit, die Haut zu entlasten und die Hautreaktionen herabzusetzen, wird also in der Strahlentherapie zu begrüßen sein. Als Möglichkeit einer Hautentlastung spielt der bei den ultraharten Strahlungen auftretende Aufbaueffekt eine hervorragende Rolle.

2. **Eigene Versuche**

2.1. **Benutzte Strahlenquellen**

Für das Gebiet der energiereichen Strahlungen (Gammastrahlen von Co-60) wurden die mit 1500 Ci beladene Kobalt-Fernbestrahlungsanlage Siemens Gammatron 1 benutzt. Ihr Blendensystem besteht aus lamelliertem Wolfram. Zur Abschirmung der aus der Quelle und Blende kommenden Elektronen

wurde der Strahlenaustrittsöffnung von der Herstellerfirma ein Plexiglasfilter von 3 mm Dicke vorgesetzt. Die Zweckmäßigkeit dieses Filters wird noch in Abschnitt 2.3.2.4. besprochen.
Im Gebiet der ultraharten Röntgenstrahlen benutzten wir das 17 MeV – Betatron der Siemens-Reiniger-Werke. Die Ausblendung der Strahlung erfolgte hier durch Bleitubusse. Zur Homogenisierung der räumlichen Dosisverteilung des Röntgenstrahles, d. h. um den starken Abfall der Dosisleistung vom Zentralstrahl zur Peripherie auszugleichen, wurde ein entsprechendes Bleiausgleichsfilter benutzt.
Als Röntgenstrahlenquelle konventioneller Strahlungen diente der 300 kV Stabilipan der Siemens-ReinigerWerke. Es wurde eine 300 kV-Strahlung verwendet, die mit einem Thoraeus-III-Filter gefiltert war. Die Halbwertsdicke der Strahlung betrug 4 mm Cu. Die Feldgröße wurde mit einer kontinuierlich verstellbaren Blende eingestellt.

2.2. **Meßgeräte**

Wie man aus dem Abschnitt 1.2. „Physikalische Erklärung der Abhängigkeit der Oberflächendosis von Feldgröße und Quellenabstand" ersieht, müssen zur Bestimmung der Oberflächendosis Elektronen, die aus dem Bestrahlungskegel in der Luft erzeugt werden und die je nach Streuwinkel und Erzeugungsort im Strahlenkegel sehr unterschiedliche Energien besitzen, gemessen werden. Es wurde deshalb eine Löffelkammer mit sehr dünnen Wänden und sehr kleinen Abmessungen selbst gebaut. Die Abmessungen dieser Kammer sind in Abb. 6 zu ersehen.
Eine dünne Kammerwand ist erforderlich, um einerseits keinen nennenswerten Aufbaueffekt in der Kammerwand selbst zu erzeugen und andererseits, um auch Elektronen geringerer Energie messen zu können.

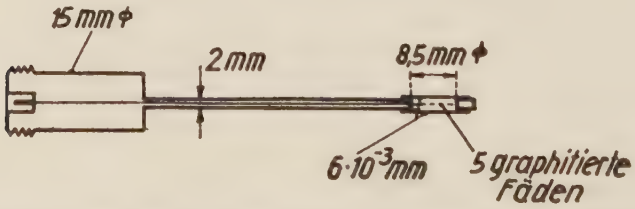

Abb. 6 Selbstgebaute dünnwandige Löffelkammer, Durchmesser 8,5 mm.

Der Kammerstrom wurde bei den Versuchen mit dem Gammatron und bei 300 kV-Strahlung mit einem Frieseke und Höpfner-Meßverstärker gemessen. Wenn die Dosisleistung der Strahlenquelle nicht konstant ist, wie dies beim

Betatron der Fall ist, wurden die Messungen mit dem Siemens-Universal-Dosimeter ausgeführt. Die Monitoranzeige war bei diesen Dosismessungen der Bezugswert für die eingestrahlte Dosis im Elektronengleichgewicht.

2.3. **Messungen**

2.3.1. **Versuchsanordnung**

Die Messungen wurden mit der oben beschriebenen Kammer ausgeführt. Hinter der Kammer lagen immer ausreichend dicke Plexiglasschichten, um die Rückstreuung voll mitmessen zu können. Vor die Kammerwand wurden nacheinander immer dickere Schichten Plexiglas angeordnet, bis das Dosismaximum erreicht war.
Der in der Ionisationskammer hervorgerufene Strom besteht unter Vernachlässigung der Gaswirkung aus drei Teilströmen:
1) Ionisationsstrom durch Teilchen aus der Vorderwand und den davorliegenden Materieschichten (Einfallsdosis);
2) Ionisationsstrom durch Teilchen aus der Rückwand und den dahinterliegenden Materieschichten (Rückstreuung);
3) Ionisationsstrom durch Teilchen aus den seitlichen Kammerwänden.
Rückstreuung und Einfluß der seitlichen Kammerwände auf den Ionisationsstrom wurden bei den Messungen konstant gehalten und die Veränderung der Einfallsdosis als Funktion der Feldgröße und des Strahlenquellenabstandes untersucht.

2.3.2. **Ergebnisse der Messungen**

2.3.2.1. **Aufbaueffekt bei einer 17 MeV Bremsstrahlung**

In Übereinstimmung mit anderen Messungen liegt das Dosismaximum bei der 17 MeV Bremsstrahlung in ungefähr 25 mm Wassertiefe. Nach der Tiefe hin nimmt der gemessene Ionisationsstrom erwartungsgemäß zu und zwar in einem solchen Maße, daß die Oberflächendosis bei einer Schichtdicke 0 der Kammerwand und einer Feldgröße von 17 cm^2 16 % der Maximaldosis beträgt. Der Fokus-Kammer-Abstand betrug 50 cm. Bei einer Feldgröße von 120 cm^2 und sonst gleichen Bedingungen wurde an der Oberfläche ein Ionisationsstrom von 26 % des Stromes im Dosismaximum gemessen (s. Abb. 7). Für verschiedene Fokus-Kammer-Abstände von 50, 60 und 70 cm und die Feldgrößen von 5 bis 250 cm^2 sind die Verhältnisse Maximalstrom/Kammerstrom ohne zusätzliche Schichten in der Abbildung 8 zusammengefaßt. Aus ihr kann man ersehen, daß die Oberflächendosis mit wachsender Feldgröße sowie mit kleiner werdendem Fokus-Haut-Abstand immer größer wird. Da die im vor dem Bestrahlungsfeld gelegenen Luftkegel ausgelösten Elektronen nicht nur auf das eigentliche Bestrahlungsfeld fallen werden (vgl.

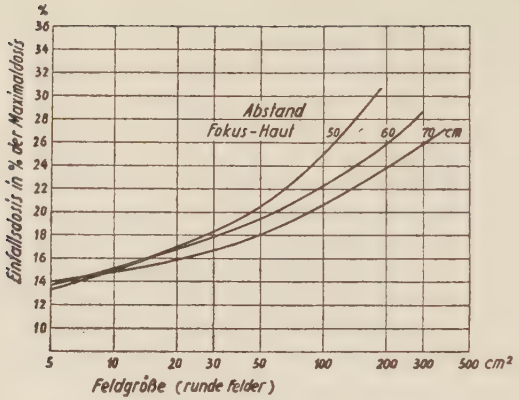

Abb. 7 *Aufbaueffekt bei einer 17 MeV Bremsstrahlung, d. h. die auf die Dosis im Dosismaximum bezogene Tiefendosis bei verschiedenen Feldgrößen, gemessen mit einer dünnwandigen Ionisationskammer durch Vorsetzen von Filterschichten; Abstand Quelle – Kammer 50 cm.*

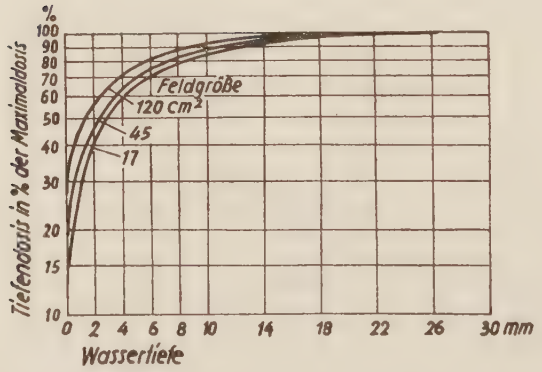

Abb. 8 *Einfallende Ionendosis bezogen auf die Dosis im Dosismaximum bei einer 17 MeV Bremsstrahlung in Abhängigkeit von der Feldgröße bei verschiedenen Quellen-Kammer-Abständen.*

Abb. 5), wurde noch der seitliche Dosisabfall bei verschiedenen Feldgrößen und konstantem Quellen-Kammer-Abstand gemessen. Die Ergebnisse sind in Abb. 9 dargestellt. Wie zu erwarten, ist die Anzahl der über den Feldrand hinausgestreuten Elektronen bei kleinen Bestrahlungsfeldern gering. Bei einer Feldgröße von beispielsweise 120 cm² ist jedoch in einem Abstand von 4 cm vom Feldrand noch mit einem Drittel der Oberflächendosis zu rechnen, die in der Feldmitte auftritt.

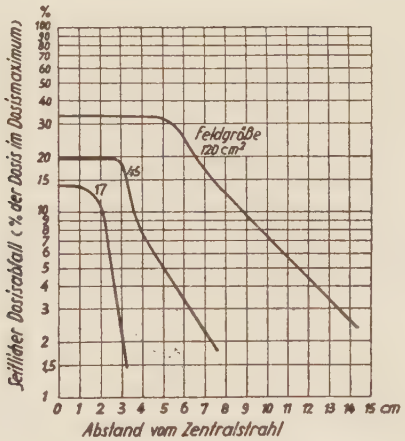

Abb. 9 Abfall der Einfalldosis einer 17 MeV-Bremsstrahlung seitlich vom Zentralstrahl bei Feldgrößen von 17 bis 120 cm².

2.3.2.2. **Aufbaueffekt bei Co-60**

Bei Co-60 liegt das Dosismaximum in etwa 4 mm Wassertiefe. Der gemessene Ionisationsstrom nimmt ebenso wie der bei 17 MeV gemessene nach der Tiefe hin zu. Er erreicht für ein Feld von 16 cm² und bei einer Schichtdicke Null der Kammerwand einen Wert von 27 % des Maximalstromes in 50 cm Fokus-Kammer-Abstand. Bei gleichen Bedingungen und einer Feldgröße von 200 cm² war der gemessene Ionisationsstrom 56 % der Maximaldosis. Bei Vergrößerung des Feldes von 16 cm² auf 200 cm² vergrößerte sich also die Oberflächendosis auf mehr als das Doppelte. Die oben beschriebenen Ergebnisse sind in Abb. 10 zusammengefaßt.
Die bei der Kobalt-60-Strahlung gemessenen Werte für verschiedene Quellen-Kammer-Abstände von 50, 60, 70 und 80 cm und für Feldgrößen von 5 cm² bis zu 500 cm² sind in Abb. 11 enthalten.

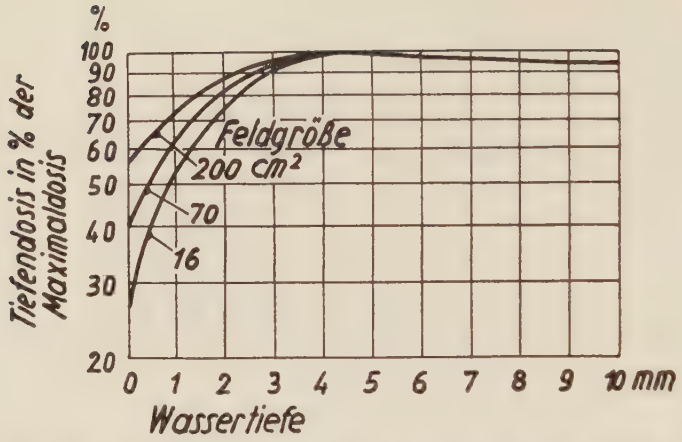

Abb. 10 *Aufbaueffekt bei Co-60, d. h. die auf die Dosis im Dosismaximum bezogene Tiefendosis bei verschiedenen Feldgrößen, gemessen mit einer dünnwandigen Ionisationskammer durch Vorsetzen von Filterschichten; Abstand Quelle – Kammer 50 cm.*

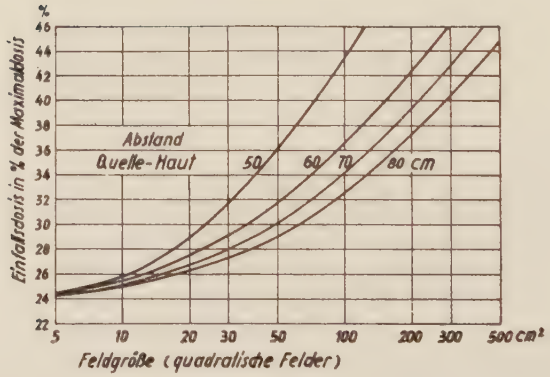

Abb. 11 *Einfallende Ionendosis bezogen auf die Dosis im Dosismaximum bei Co-60 in Abhängigkeit von der Feldgröße bei verschiedenen Quelle-Kammer-Abständen.*

Wie zu erwarten, wächst auch hier die Oberflächendosis mit dem Größerwerden der Felder und mit abnehmendem Quelle-Kammer-Abstand.
Der seitliche Abfall der Dosis bei der Co-60-Strahlung ist in Abb. 12 dargestellt. Aus dieser ist zu ersehen, daß der für die 17 MeV-Bremsstrahlung festgestellte seitliche Dosisabfall auch bei der Co-60-Strahlung vorhanden ist. So beträgt die Oberflächendosis bei einem Feld von 200 cm² 4 cm vom Feldrand noch 50 % der Dosis in der Feldmitte, während sie bei einem 16 cm² großen Feld bereits in einem Abstand von 1 cm vom Feldrand auf weniger als ein Drittel dieses Wertes gesunken ist.

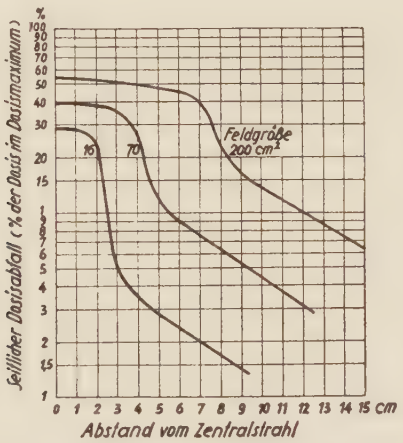

Abb. 12 Abfall der Einfalldosis seitlich vom Zentralstrahl bei der Co-60-Strahlung bei Feldgrößen von 16 cm² bis 200 cm².

2.3.2.3. **Aufbaueffekt bei einer 300 kV-Strahlung**

Bei einer 300 kV-Strahlung, die mit einem Thoraeus-III-Filter gefiltert ist, vollzieht sich der Aufbaueffekt bei kleinen Feldgrößen in einer etwa 50 μ dicken wasseräquivalenten Kunststoffschicht. Bei diesen Messungen stört die 6,4 μ dicke Wand der Meßkammer schon erheblich. Die Ionisationsströme an der Oberfläche wurden deshalb extrapoliert (gestrichelte Kurven in Abb. 13). Bei einer Feldgröße von 100 cm² ist kein Ansteigen des Ionisationsstromes bei zunehmender Kammerdicke zu verzeichnen. Das Elektronengleichgewicht wurde also schon in der Luftschicht vor der Kammer erreicht, d. h., daß die von der 300 kV-Strahlung ausgelösten Elektronen in Luft eine Reichweite von

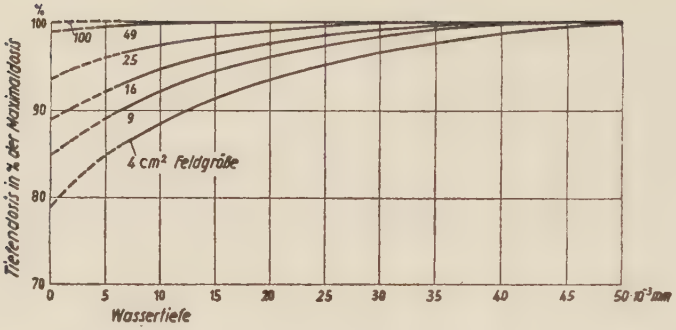

Abb. 13 Aufbaueffekt bei 300 kV; Tiefendosis bezogen auf die Dosis im Dosismaximum.

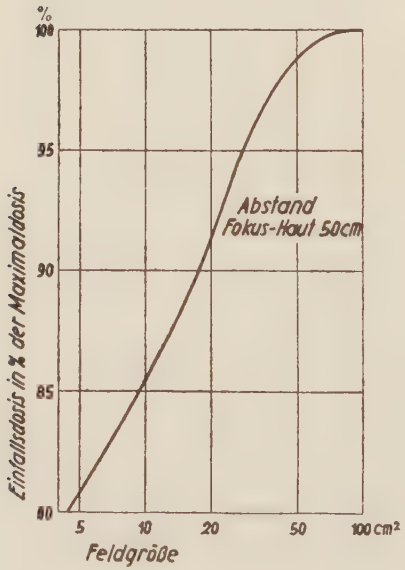

Abb. 14 Aufbaueffekt bei 300 kV, gemessen bei verschiedenen Feldgrößen.

etwa 10 cm besitzen. Eine Änderung des Quellen-Kammer-Abstandes hätte bei diesen Messungen keinen Sinn, da die Reichweite der Elektronen zu gering ist. Zusammengefaßt sind diese Ergebnisse für verschiedene Feldgrößen in der Abb. 14.

2.3.2.4. Ergebnisse über die Zweckmäßigkeit des Plexiglasfilters am Siemens-Gammatron

Zum Abschluß dieses Abschnittes soll noch das Problem des Plexiglasfilters am Gammatron erwähnt werden. Wie bereits beschrieben, wird zur Abschirmung der aus der Quelle und Blende kommenden Elektronen von der Herstellerfirma ein Plexiglasfilter von 3 mm Dicke mitgeliefert, das an der Strahlenaustrittsöffnung des Apparates anzubringen ist. Vergleichsmessungen mit und ohne Filter ergaben jedoch, daß dieses die ihm zugedachte Rolle nicht erfüllt. Im Gegenteil, die das Filter durchsetzende Gammastrahlung löste zusätzlich im Filter sekundäre Elektronen aus, durch die eine Erhöhung der Oberflächendosis erfolgte.

3. Folgerungen für die Praxis

Verglichen mit der in den letzten Jahrzehnten angewandten konventionellen Tiefentherapie mit durch Kupferfilter gefilterte und homogenisierte Strahlungen von etwa 180 bis 250 kV Erzeugungsspannung stellt die heutige Strahlentherapie mit sehr harten und ultraharten Strahlungen einen Fortschritt dar. Die Strahlungen von Co-60 und Betatron (17 MeV) bieten dabei nicht nur den Vorteil größerer relativer Tiefendosis, sondern auch die Ausnutzung der hautschonenden Erscheinung des Aufbaueffektes.
Dieser Aufbaueffekt ist, wie die im vorgehenden Abschnitt beschriebenen Meßergebnisse zeigen, nicht nur von der Strahlenart allein, sondern in starkem Maße auch von den geometrischen Verhältnissen der Bestrahlung, d. h. von der Feldgröße und dem Fokus-Haut-Abstand abhängig.
Da sich in der praktischen Tiefentherapie die Feldgröße selbstverständlich nach der Größe des zu bestrahlenden Herdes zu richten hat und der Fokus-Haut-Abstand von äußeren Umständen – wie der Bauweise der benutzten Apparatur – gegeben ist, bestehen nur sehr beschränkte Möglichkeiten, Einfluß auf die Höhe des Aufbaueffektes und damit auf die Hautschonung zu nehmen. Man muß sich jedoch bei der Bestrahlungsplanung stets vergegenwärtigen, wie groß der Aufbaueffekt im vorliegenden Bestrahlungsfall ist. Hierfür geben die im vorgehenden Abschnitt beschriebenen Werte Anhaltspunkte. Im einzelnen können diese Werte von den in vorliegender Arbeit angegebenen allerdings je nach der Bauweise des Blendensystems auch mehr oder weniger abweichen. Werden genaue Angaben über die Höhe des Aufbau-

effektes gefordert, so bleibt eigentlich nichts anderes übrig, als neue Messungen an der betreffenden Apparatur auszuführen. Diese sind, wie am Anfang dieser Arbeit beschrieben, allerdings nicht ganz einfach und erfordern spezielle Einrichtungen.

Als allgemeine Richtlinie, um eine möglichst kleine Oberflächendosis zu erzielen, sei hier nur angegeben, daß man

1) bei gegebener Feldgröße den Abstand zwischen Strahlenquelle und Haut möglichst groß machen soll und daß man
2) vermeiden soll, in den Strahlenkegel stark absorbierende Konstruktionsteile (z. B. Filter usw.) zu bringen. Werden dagegen z. B. Keilfilter gefordert, so sollen diese in der Nähe der Quelle und nicht hautnahe angebracht werden.

4. Zusammenfassung

Zunächst wird eine physikalische Erklärung über das Zustandekommen des Aufbaueffektes gegeben. Dann wird untersucht, weshalb der Aufbaueffekt von der Feldgröße und dem Quellenabstand abhängig ist. In eigenen Versuchen, die mit der 17 MeV-Gamma-Strahlung des Betatrons, einer 1,25 MeV-Co-60-Strahlung und einer 300 kV-Strahlung von 4 mm Cu Halbwertsdicke mit einer selbstangefertigten dünnwandigen Ionisationskammer ausgeführt wurden, wird der Aufbaueffekt bei verschiedenen Feldgrößen und Fokus- bzw. Quellen-Haut-Abständen gemessen. Es zeigt sich, daß der Aufbaueffekt, wie theoretisch zu erwarten war, bei kleineren Feldgrößen und größerem Quellen-Hautabstand viel ausgeprägter ist, als bei größeren Feldern bzw. kleineren Fokus-Quellen-Abständen.

Durch Messungen seitlich des Zentralstrahles wurde festgestellt, wie die Dosisleistung der nach außerhalb des Feldes gestrahlten Elektronen vom Zentralstrahl nach dem Feldrand und über diesen hinaus bei den verschiedenen Strahlungen abnimmt.

Schließlich werden aus den Messungen praktische Folgerungen bezüglich der Oberflächendosis bei der Strahlentherapie mit ultraharten Strahlungen gezogen.

5. Literaturverzeichnis

1. *Wachsmann, F.* Strahlentherapie *89,* (1952) 128
2. *Wachsmann, F.* Strahlentherapie *76,* (1947) 371
3. *Moos, S.* Amer. J. Roentgenol. *77,* (1957) 881
4. *Wachsmann, F.* Strahlentherapie, *119,* Heft 3 (1962) 405-418
5. *Wachsmann, F. und A. Dimotsis.* Kurven und Tabellen für die Strahlentherapie, S. Hirzel Verlag Stuttgart (1957)
6. *Richardson, J. E., H. D. Kermann und M. Brucer.* Radiology *63,* (1954) 25
7. *Dahl, D. und K. J. Vikterlöf* in „Kilocurie Cobalt 60 Therapie at the Radium hemmet", Stockholm 1959

6. Lebenslauf

Ich wurde am 19. Juli 1930 als Tochter des Dr. Hermann Isersohn und seiner Ehefrau Lucia Weisselberg in Bukarest (Rumänien) geboren.
Von 1937 an besuchte ich zunächst 4 Jahre die Volksschule in Bukarest und trat dann 1941 in das Mädchengymnasium „Viktoria" ein. Die Abiturprüfung bestand ich 1948 als Klassenbeste. Danach studierte ich an der Medizinischen Fakultät in Bukarest und absolvierte 1954 mit „diploma de merit", was dem deutschen „summa cum laude" entspricht. Von 1954 bis 1955 war ich als Medizinalassistentin am Städtischen Krankenhaus Draganesti tätig. Im Juli 1952 ehelichte ich meinen Kollegen Alexandru Joan. Von 1955 bis 1957 arbeitete ich als Ärztin an der inneren Abteilung der Universitätsklinik „Coltea" in Bukarest. 1957 bis 1958 war ich in der Augenklinik desselben Krankenhauses tätig.
Nach Auflösung meiner Ehe gelang es mir im Dezember 1958 aus Rumänien auszuwandern. Die augenfachärztliche Ausbildung setzt ich vom Januar 1959 bis April 1960 in der Augenklinik Tel-Hashomer (Israel) fort. Mit dem 15. 5. 1960 wurde ich an der Universitätsaugenklinik Erlangen erst als Volontärassistentin und nach kurzer Zeit als wissenschaftliche Assistentin eingestellt. Hier beendete ich meine Fachausbildung im Mai 1962. Am 15. Juni 1962 wurde mir von der Bayerischen Landesärztekammer das Recht verliehen, den Titel „Fachärztin für Augenkrankheiten" zu führen. Im Oktober 1962 ehelichte ich den Diplom-Volkswirt und Steuerbevollmächtigten Gerhard Neumann, geb. am 10. 9. 1920 in Berlin.

Herrn Professor Wachsmann
möchte ich an dieser Stelle für die freundliche Überlassung des Themas, seine großzügige Unterstützung meiner Arbeit und für die Übernahme des Referates meinen ergebensten Dank aussprechen.